

19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND

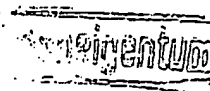


DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
11 DE 38 19739 A 1

51 Int. Cl. 4:  
G 01 N 23/04  
G 01 T 1/29

21 Aktenzeichen: P 38 19 739.1  
22 Anmeldetag: 10. 6. 88  
43 Offenlegungstag: 14. 12. 89



DE 38 19739 A 1

71 Anmelder:

Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg, DE

72 Erfinder:

Harding, Geoffrey, Dr., 2000 Hamburg, DE

54 Anordnung zur Untersuchung eines Körpers mit einer Strahlenquelle

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Untersuchung eines Körpers mit einer Strahlenquelle zur Erzeugung eines Primärstrahls mit geringem Querschnitt, mit Mitteln zum Erzeugen einer Relativverschiebung zwischen dem Körper einerseits und dem Primärstrahl andererseits, mit einer die unter kleinen Streuwinkeln elastisch gestreute Strahlung erfassenden Detektoranordnung sowie mit Mitteln zum Bestimmen des Streuwinkels und gegebenenfalls des Impulsübertrags. Dabei kann eine räumliche Auflösung in Richtung des Primärstrahls dadurch erzielt werden, daß zwischen dem Körper und der Detektoranordnung mehrere Blendenlamellen so angeordnet sind, daß Streustrahlung aus verschiedenen Abschnitten des Primärstrahls jeweils auf verschiedene Streifen auf der Oberfläche der Detektoranordnung trifft und daß die Detektoranordnung ein seitliches Auflösungsvermögen in Längsrichtung der Streifen aufweist.

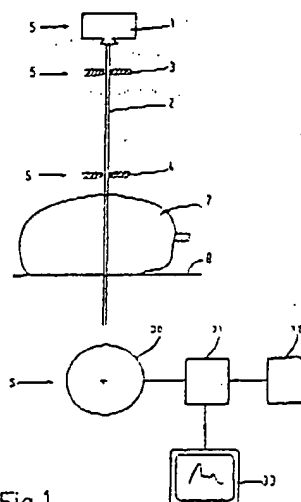


Fig.1

DE 38 19739 A 1

BEST AVAILABLE COPY

# 1 Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Anordnung zur Untersuchung eines Körpers, mit einer Strahlenquelle zur Erzeugung eines Primärstrahls mit geringem Querschnitt, mit Mitteln zum Erzeugen einer Relativverschiebung zwischen dem Körper einerseits und dem Primärstrahl andererseits, mit einer die unter kleinen Streuwinkeln elastisch gestreute Strahlung erfassenden Detektoranordnung sowie mit Mitteln zum Bestimmen des Streuwinkels und gegebenenfalls des Impulsübertrags.

Eine solche Anordnung ist aus der EP-OS 1 53 786 bekannt. Damit kann für verschiedene Bereiche des Körpers die Intensität der Streustrahlung als Funktion des Streuwinkels bzw. des Impulsübertrages bestimmt werden, das Aussagen über den chemischen Zustand der bestrahlten Materie in dem jeweiligen Bereich zuläßt. Die bekannte Anordnung erlaubt allerdings nur eine Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung in den beiden zum Primärstrahl senkrechten Richtungen. In Richtung des Primärstrahls ist eine Differenzierung nicht möglich.

In vielen Fällen ist jedoch auch eine Bestimmung der stofflichen Zusammensetzung in Richtung des Primärstrahls erwünscht. Wenn beispielsweise überprüft werden soll, ob sich ein bestimmter Stoff in einem Gepäckstück befindet, muß eine solche Bestimmung dreidimensional erfolgen.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Anordnung der eingangs genannten Art so auszugestalten, daß auch in Richtung des Primärstrahls die Intensität elastisch gestreuter Strahlung als Funktion des Impulsübertrages ortsauflöst bestimmt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß zwischen dem Körper und der Detektoranordnung mehrere Blendenlamellen so angeordnet sind, daß Streustrahlung aus verschiedenen Abschnitten des Primärstrahls jeweils auf verschiedene Streifen auf der Meßfläche der Detektoranordnung trifft und daß die Detektoranordnung ein seitliches Auflösungsvermögen in Längsrichtung der Streifen aufweist.

Jeder der Streifen auf der Meßfläche der Detektoranordnung kann also nur von Streustrahlung getroffen werden, die von einem bestimmten Abschnitt auf dem Primärstrahl innerhalb des Körpers ausgeht. Von der Detektoranordnung kann nur solche Streustrahlung registriert werden, die in einem bestimmten Winkelbereich liegt. Der kleinste erfassbare Streuwinkel hängt von der Neigung der Blendenlamellen zum Primärstrahl ab; wenn die Streustrahlung in einer senkrecht zu den Blendenlamellen angeordneten Ebene austritt, kann sie einen der Streifen unter diesem Streuwinkel erreichen. Auch unter einem größeren Streuwinkel austretende Streustrahlung wird von der Detektoranordnung registriert, wenn sie unter einem Winkel zu der genannten Ebene verläuft. Somit registriert jeder Streifen auf der Meßfläche einen Teil der auf dem zugeordneten Abschnitt des Primärstrahls in einem bestimmten Winkelbereich austretenden Streustrahlung. Damit für diesen Abschnitt die Streuintensität als Funktion des Streuwinkels bzw. des Impulsübertrages bestimmt werden kann, muß die Detektoranordnung in Längsrichtung der Streifen ein Ortsauflösungsvermögen aufweisen. Eine geeignete Detektoranordnung kann aus mehreren in Streifenrichtung verlaufenden Detektorzeilen bestehen, jedoch kann auch eine großflächige Detektoranordnung verwendet werden. Wenn die Strahlungsquelle eine polychromatische Röntgen- oder Gammastrahlung er-

zeugt, muß die Detektoranordnung darüber hinaus auch noch ein Energieauflösungsvermögen besitzen, d. h., sie muß die Energie der jeweils gemessenen Röntgenquanten bestimmen können.

Eine hierfür geeignete Weiterbildung sieht vor, daß die Detektoranordnung mindestens eine außerhalb des Primärstrahls angeordnete Gammakamera ist, die so auf den Primärstrahl ausgerichtet ist, daß die Normale auf ihre Eingangsfläche den Primärstrahl unter einem von Null verschiedenen Winkel schneidet. Hierbei dient also als Detektoranordnung eine Gammakamera, die außerhalb des Primärstrahls derart angeordnet ist, daß sie von der durch die Blendenlamellen hindurchtretenden Streustrahlung getroffen wird. Da der Neigungswinkel der Blendenlamellen in Bezug auf die Primärstrahlen sehr klein sein muß, z.B.  $2^\circ$ , würde bei einer mit ihrer Meßfläche senkrecht zum Primärstrahl angeordneten Gammakamera die Streustrahlung aus den einzelnen Abschnitten des Primärstrahls auf vergleichsweise schmale Streifen projiziert. Wegen des begrenzten räumlichen Auflösungsvermögens einer Gammakamera wäre es dann kaum möglich, die einzelnen Streifen — und damit die einzelnen Abschnitte auf dem Primärstrahl — voneinander getrennt auszuwerten. Dadurch, daß die Normale auf die Meßfläche der Gammakamera den Primärstrahl unter einem von Null verschiedenen Winkel schneidet, der kleiner sein muß als  $90^\circ$ , aber nicht allzuviel kleiner, wird die Streustrahlung aus den einzelnen Abschnitten auf relativ breite Streifen auf der Gammakamera projiziert, die trotz deren begrenzten Auflösungsvermögens getrennt voneinander ausgewertet werden können.

In der Praxis ist es unvermeidbar — und im Hinblick auf das Signal-Rausch-Verhältnis bei relativ kurzen Meßzeiten sogar erforderlich, daß der Primärstrahl endliche Abmessungen hat. Dadurch ergibt sich aber eine zusätzliche Ungenauigkeit, weil ein Punkt auf der Oberfläche der Detektoranordnung von der Streustrahlung aus dem Schnittbereich des Primärstrahls mit einer dazu senkrechten Ebene innerhalb des Körpers nicht unter einem genau definierten Winkel getroffen wird, sondern unter einem Winkelbereich, dessen Abmessungen von den Abmessungen des Querschnitts des Primärstrahls abhängen. Damit diese durch die endlichen Abmessungen des Primärstrahlquerschnitts hervorgerufenen Ungenauigkeiten bei vorgegebener Querschnittsfläche möglichst klein bleiben, sieht eine Weiterbildung der Erfindung vor, daß der Querschnitt durch den Primärstrahl zumindest näherungsweise die Form einer Ellipse hat, deren Längsachse parallel zur Richtung der Streifen verläuft und etwa doppelt so groß ist wie die Quersachse.

Die Erfindung wird näher erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 eine erfindungsgemäße Anordnung in schematischer Darstellung;

Fig. 2 und 3 die geometrischen Verhältnisse bei dieser Anordnung in zueinander senkrechten, den Primärstrahl enthaltenden Ebenen.

Die in Fig. 1 dargestellte Anordnung dient dazu, ein auf einem senkrecht zur Zeichenebene verlaufenden Transportband 8 befindliches Objekt, z. B. ein Gepäckstück, zu untersuchen. Das Gepäckstück kann schrittweise in Richtung senkrecht zur Zeichenebene verschoben werden. Die Untersuchung erfolgt mittels eines dünnen, durch Blenden 3 und 4 aus dem Strahlenbündel eines Röntgenstrahlers 1 erzeugten Primärstrahls (Pencilbeam). Die elastisch — und damit ohne Energieverlust — gestreute Röntgenstrahlung, die in dem den Körper 7

BEST AVAILABLE COPY

durchsetzenden Bereich des Primärstrahls 2 erzeugt wird, wird von einer Gammakamera 30 gemessen, wobei die in unterschiedlichen Tiefen des Körpers 7 erzeugte Streustrahlung mittels einer in Fig. 1 (und Fig. 3) nicht näher dargestellten Blendenanordnung getrennt meßbar ist — wie noch erläutert wird. Wie durch Pfeile 5 angedeutet, können die Strahlenquelle 1 und die Gammakamera 30 mitsamt den zwischen der Strahlenquelle und dem Körper 7 befindlichen Blenden 3 und 4 waagrecht, d. h. senkrecht zum Primärstrahl und senkrecht zur Verschiebungsrichtung des Gepäckstücks verschoben werden. Durch diese zweifache Relativverschiebung zwischen Objekt 7 und Primärstrahl 2 ist eine zweidimensionale Abtastung möglich.

Die Gammakamera kann den gleichen Aufbau haben wie die für medizinische Untersuchungen benutzten Gammakameras. Dabei wird die Meßfläche durch eine großformatigen, vorzugsweise kreisrunden, Szintillatorkristall gebildet, auf dessen Rückseite eine Anzahl von Photomultipliern nach einem regelmäßigen Wabenmuster angeordnet ist. Ein auf den Szintillatorkristall auftreffendes Röntgen- oder Gammaquant erzeugt am Auftreffpunkt Licht, das sich innerhalb des Kristalls ausbreitet und deshalb von jedem der photomultiplier registriert wird. Die Intensität des Lichts hängt außer von der Energie des Gammaquants vom Abstand des jeweiligen Photomultipliers von der Auftreffstelle des Gammaquants auf dem Szintillatorkristall ab. Auf den Ausgangssignalen sämtlicher Photomultiplier kann daher sowohl der Auftreffpunkt eines Röntgen- oder Gammaquants als auch dessen Energie bestimmt werden. Neben diesem Orts- und Energieauflösungsvermögen besitzt eine nach diesem — von Anger entwickelten — Prinzip arbeitende Gammakamera noch ein zeitliches Auflösungsvermögen, d. h. die Position und die Energie von zeitlich nacheinander auftreffenden Quanten, können getrennt gemessen werden.

Wie sich aus Fig. 2 ergibt, ist zwischen dem Untersuchungsbereich, d. h. dem Bereich, in dem sich der zu untersuchende Körper bzw. das zu untersuchende Gepäckstück üblicherweise befinden, und der Gammakamera eine Blendenanordnung 20 mit einer Anzahl paralleler, ebener Blendenlamellen aus einem Röntgenstrahlung stark absorbierenden Material angeordnet. Diese Blendenlamellen liegen in Ebenen, die den Primärstrahl im Untersuchungsbereich unter einem Winkel  $i$  von z. B.  $2^\circ$  schneiden, wobei der Untersuchungsbereich durch diese Schnittpunkte in eine Anzahl gleichlanger Abschnitte  $A-H$  unterteilt wird. Die von den Abschnitten  $A$  bis  $H$  im Untersuchungsbereich vom Primärstrahl ausgehende Streustrahlung durchsetzt die Blendenanordnung 20 und trifft jeweils auf einen der Streifen  $a-h$  auf der Meßfläche — dem Szintillatorkristall der Gammakamera — auf; die im Abschnitt  $A$  gestreute Strahlung trifft beispielsweise den Streifen  $a$  (Fig. 3), die im Abschnitt  $B$  gestreute Strahlung trifft den Abschnitt  $b$  usw.

Wenn die Abmessung  $x$  der Gammakamera in Richtung senkrecht zu den Streifen der Dicke  $y$  des Untersuchungsbereiches entspräche, könnte die Meßfläche der Gammakamera parallel zum Primärstrahl verlaufen (in diesem Fall würde die Normale auf das Zentrum der Meßfläche den Primärstrahl senkrecht schneiden. Da die Abmessungen der Gammakamera aber in der Regel kleiner sind, muß die Kamera so geneigt werden, daß die Meßfläche mit dem Primärstrahl einen von Null verschiedenen Winkel  $j$  einschließt (die erwähnte Normale schneidet den Primärstrahl dann unter einem Winkel,

der kleiner ist als  $90^\circ$ ). Dabei gilt die Beziehung:

$$z/y = i/(i+j) \quad (1).$$

Ist der Winkel  $j$  größer, als sich aus der Gleichung 1 ergibt, dann können nicht mehr sämtliche Abschnitte  $A$  bis  $H$  auf der Gammakamera abgebildet werden; ist der Winkel hingegen kleiner, wird die Breite der einzelnen Streifen auf der Gammakamera schmäler als nötig, so daß die Gefahr vergrößert wird, daß Gammaquanten, die von einem bestimmten Abschnitt auf dem Primärstrahl ausgehen, durch die Auswerteelektronik der Gammakamera einem benachbarten Streifen bzw. einem benachbarten Abschnitt zugeordnet werden. Deshalb sollte der Neigungswinkel der Gammakamera entsprechend Gleichung (1) bemessen sein.

Ein gesonderter Detektor 23 mißt die Intensität des aus dem Körper 23 austretenden Primärstrahls 2. Dies ist insbesondere dann erforderlich, wenn die Streudichteverteilung aus den gemessenen Werten der Gammakamera rekonstruiert werden soll.

In der Praxis ist der Primärstrahl 2 kein Strahl im mathematischen Sinn, sondern er hat einen endlichen Querschnitt. Die in einer genau definierten Tiefe erzeugte Streustrahlung trifft einen Punkt auf der Meßfläche des Detektors nicht unter einem definierten Winkel, sondern in einem gewissen Winkelbereich. Deshalb kann einem Punkt auf dem Streifen ein Streuwinkel nur näherungsweise zugeordnet werden. Um die dadurch bedingte Ungenauigkeit bei vorgegebenem Querschnitt möglichst klein zu halten, sollte der Querschnitt länglich, vorzugsweise ellipsenförmig sein, wobei die große Achse der Ellipse doppelt so groß sein soll wie die kleine Achse und parallel zur Längsrichtung der Streifen sein soll.

In Fig. 3 bezeichnet 21 eine den Primärstrahl enthaltende, zu der Blendenanordnung 20 bzw. zur Zeichenebene der Fig. 3 senkrechte Ebene. Diese Ebene ist — weil die Normale auf das Zentrum der Meßfläche der Gammakamera den Primärstrahl schneidet — zugleich die Symmetrieebene für jeden der Streifen  $a-h$ . Der kleinste Streuwinkel, unter dem im Primärstrahl gestreute Strahlung die Gammakamera erreichen kann, ist durch die Neigung der Blendenanordnung 20 bestimmt. Er beträgt  $i = 2^\circ$ . In diesem Fall verläuft die Streustrahlung in der Symmetrieebene 21 und trifft den zugehörigen Streifen in seiner Mitte. Daneben gibt es Streustrahlung, die — wie der einzeln eingezeichnete Streustrahl 22 in Fig. 3 den zugehörigen Streifen ( $d$ ) nicht in der Mitte trifft, sondern mehr am Rande unter einem Winkel  $k$  zur Ebene 21 verläuft. Der diesem Streustrahl zugeordnete Streuwinkel entspricht der Wurzel aus der Summe der Quadrate der Winkel  $i$  und  $k$  in guter Näherung, solange der Winkel kleiner ist als  $10^\circ$ . Auf diese Weise ist jeder Punkt auf einem der Streifen  $a-h$  einem bestimmten Streuwinkel zugeordnet, wobei der Streuwinkel von  $2^\circ$  (in der Mitte des Streifens) bis z. B.  $6^\circ$  (am Ende des Streifens) wächst. Der zugehörige Impulsübertrag  $X$  hat den Wert

$$X = \beta/2L \quad (2).$$

Dabei ist  $\beta$  der Streuwinkel und  $L$  die Wellenlänge, die aus der mit der Gammakamera gemessenen Energie  $E$  des einzelnen Quants nach der bekannten Beziehung  $L = hc/E$  bestimmt werden kann ( $h$  Plank'sches Wirkungsquantum;  $c$  Lichtgeschwindigkeit).

Auf diese Weise kann jedes auf die Meßfläche der

BEST AVAILABLE COPY

Gammakamera auftreffende Röntgenquant einem bestimmten Abschnitt aus den Abschnitten A - H sowie einem bestimmten Impulsübertrag bzw. Impulsübertragungsbereich zugeordnet werden. Die Auswerteeinheit 31, der die Ausgangssignale der Gammakamera 30 zugeführt werden, zählt demgemäß für jeden Abschnitt und für jeden Impulsübertragungsbereich die Zahl der pro Zeiteinheit auftreffenden Gammaquanten. Aus der Zahl der während einer Zeiteinheit registrierten Quanten läßt sich somit für jeden Abschnitt A - H der Verlauf der Intensität als Funktion des Impulsübertrages bestimmen. Entspricht eine der so für die verschiedenen Abschnitte gewonnenen Streucharakteristiken der in einem Speicher 32 gespeicherten, für einen bestimmten Stoff, z. B. Sprengstoff, kennzeichnenden Charakteristik, wird dies von der Auswerteschaltung 31 signalisiert. Mit der Auswerteschaltung 32 ist eine geeignete Anzeigeschaltung, z. B. ein Monitor 33, gekoppelt.

Die beschriebene Messung der Streucharakteristik der verschiedenen Abschnitte wird für verschiedene Stellungen des Primärstrahls 2 relativ zum Körper 7 und für die einzelnen Verschiebungsschritte des Transportbandes 8 wiederholt, so daß am Ende sämtliche Volumenbereiche des Objektes 7 auf das Vorhandensein des gesuchten Stoffes kontrolliert sind.

Es ist auch möglich, zur Messung zusätzlich eine zweite Blenden-Detektoranordnung einzusetzen, die gegenüber der ersten um 180° versetzt angeordnet ist (bezogen auf den Primärstrahl). Dadurch kann das Signal/Rauschverhältnis verbessert bzw. die Meßzeit verkürzt werden.

#### Patentansprüche

1. Anordnung zur Untersuchung eines Körpers (7), mit einer Strahlenquelle (1) zur Erzeugung eines Primärstrahls mit geringem Querschnitt, mit Mitteln zum Erzeugen einer Relativverschiebung (8) zwischen dem Körper (7) einerseits und dem Primärstrahl (2) andererseits, mit mindestens einer die unter kleinen Streuwinkeln elastisch gestreute Strahlung erfassenden Detektoranordnung (30) sowie mit Mitteln zum Bestimmen des Strömwinkels und gegebenenfalls des Impulsübertrags, dadurch gekennzeichnet, daß zwischen dem Körper und der Detektoranordnung (30) mehrere Blendenlamellen (20) so angeordnet sind, daß Streustrahlung aus verschiedenen Abschnitten (A - H) des Primärstrahls jeweils auf verschiedene Streifen auf (a - h) der Meßfläche der Detektoranordnung trifft und daß die Detektoranordnung (30) seitliches Auflösungsvermögen in Längsrichtung der Streifen aufweist.
2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Detektoranordnung eine außerhalb des Primärstrahls angeordnete Gammakamera (30) ist, die so auf den Primärstrahl ausgerichtet ist, daß die Normale auf ihre Eingangsfläche den Primärstrahl unter einem von Null verschiedenen Winkel schneidet.
3. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Querschnitt durch den Primärstrahl (8) zumindest näherungsweise die Form einer Ellipse hat, deren Längsachse parallel zur Richtung der Streifen verläuft und doppelt so groß ist wie die Quersachse.

BEST AVAILABLE COPY

Nummer:  
Int. Cl. 4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

38 19 739  
G 01 N 23/04  
10. Juni 1988  
14. Dezember 1989

3819739

1/2

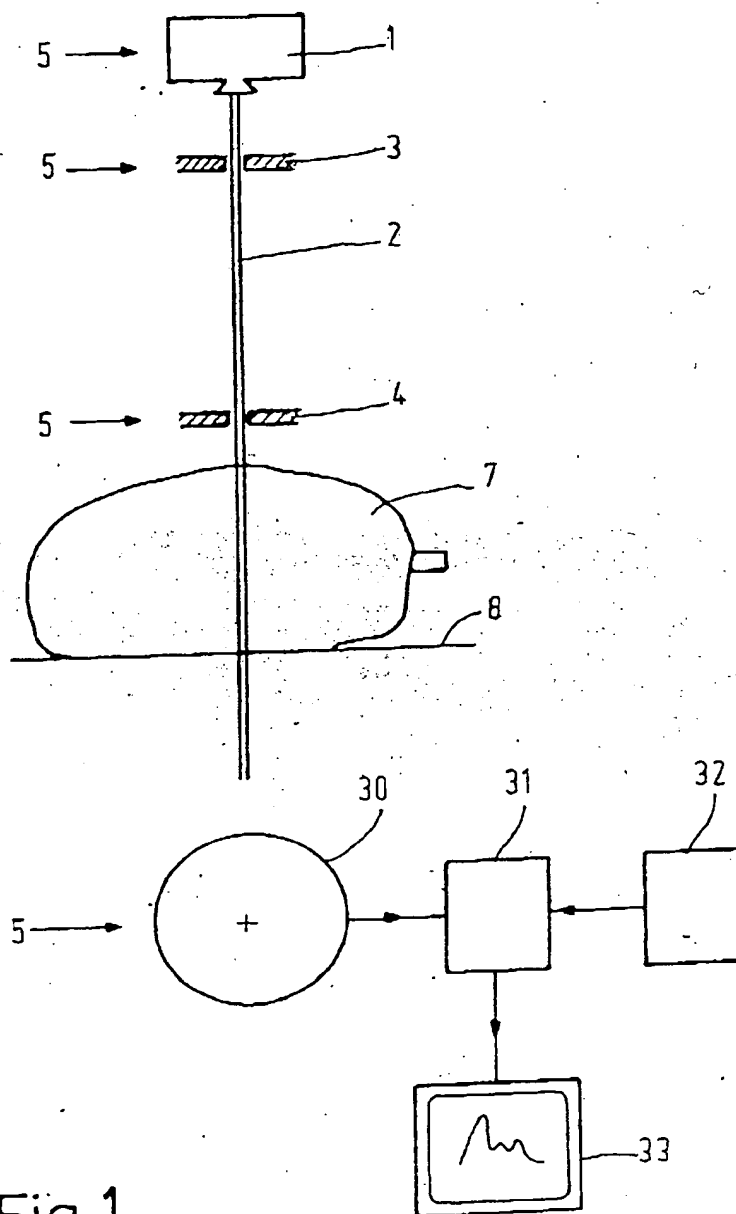


Fig.1

908 850/362

BEST AVAILABLE COPY

7A\*

3819739

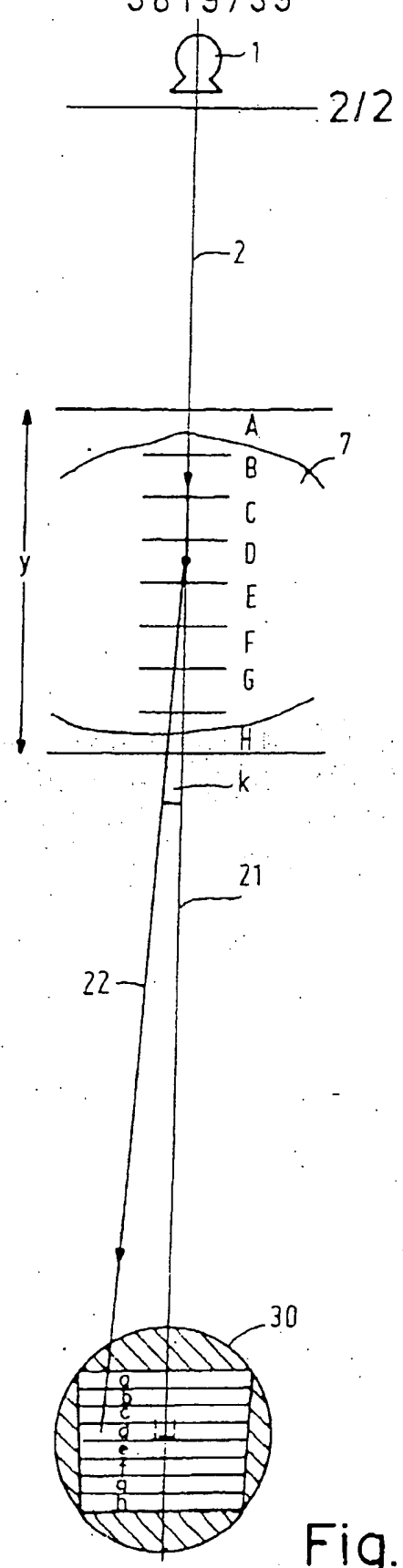
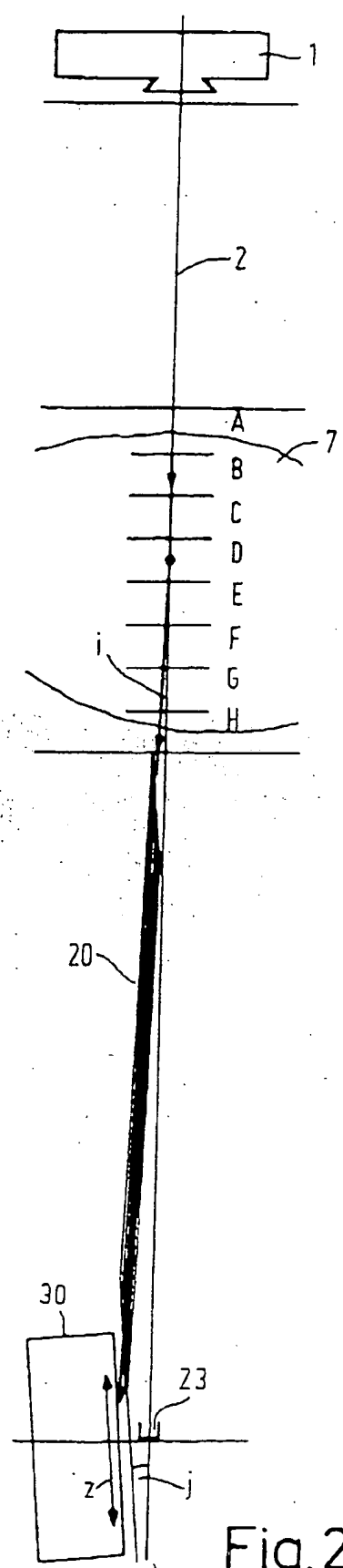


Fig. 2

Fig. 3

BEST AVAILABLE COPY

# Arrangement for the examination of a body with a radiation source

Patentnummer: DE3819739  
Publiceringsdag: 1989-12-14  
Uppfinnare: HARDING GEOFFREY DR (DE)  
Sökande: PHILIPS PATENTVERWALTUNG (DE)  
Klasser:  
-Internationell: G01N23/201; G01V5/00; G01N23/20; G01V5/00; (IPC1-7): G01N23/04; G01T1/29  
-Europeisk: G01N23/201; G01V5/00D  
Ansökningsnummer: DE19883819739 19880610  
Prioritetsnummer: DE19883819739 19880610

Report a data error here

## Sammandrag från DE3819739

The invention relates to an arrangement for the examination of a body with a radiation source for the generation of a primary beam of small cross-section, having means to generate a relative displacement between the body on the one hand and the primary beam on the other hand, having a detector arrangement detecting the radiation scattered elastically at small scattering angles and with means for the detection of the scattering angle and, if necessary, the pulse transmission. In this case, a spatial resolution in the direction of the primary beam can be achieved by arranging a plurality of diaphragm leaves between the body and the detector arrangement so that scattered radiation from different sections of the primary beam falls in each case on various strips on the surface of the detector arrangement, and so that the detector arrangement has a lateral resolution capability in the longitudinal direction of the strips.

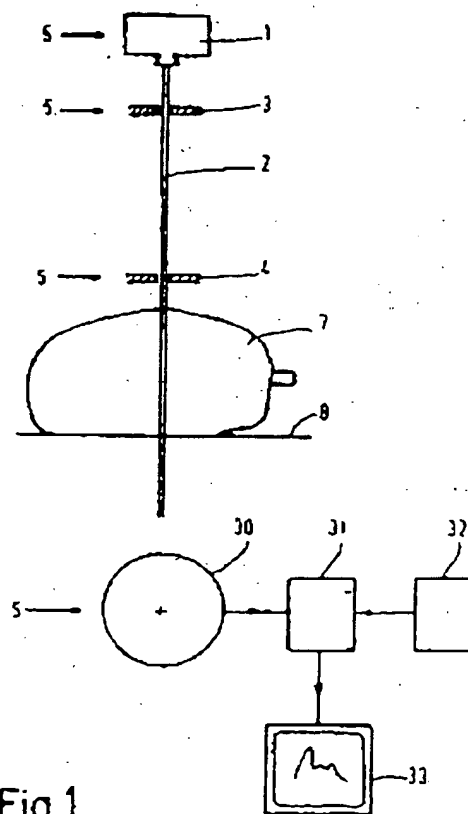


Fig.1

Data från esp@cenet databasen - Worldwide

BEST AVAILABLE COPY